

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR



Kévin Rignault

Fondements du Multimédia - Compte Rendu
Master 1 Produits et Services Multimédia
Année Universitaire 2013-2014

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR


SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
LUMIÈRE ET COULEURS	4
Généralités	4
Modèle ondulatoire de la lumière	5
Synthèse additive / Synthèse soustractive	6
COLORIMÉTRIE.....	8
Luminance / Luminosité	8
Teinte	9
Saturation	9
MODÈLES COLORIMÉTRIQUES.....	10
RVB	10
CMJ - CMJN	10
CIE XYZ	11
CIE Yxy	11
CIE L*a*b*	11
Gamut	12
APPLICATION EN AS3	13
TP 1 : Synthèse additive / Synthèse soustractive	13
TP 2 : Transformations colorimétriques	14
TP 3 : Matrices et Transformations colorimétriques	15
TP 4 : Modèles colorimétriques	18
CONCLUSION	20
ANNEXES	21
LEXIQUE	22

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

INTRODUCTION



C'est en 1666 qu'Isaac Newton réalise ses premières expériences relatives à la lumière et plus particulièrement à sa décomposition. Ses expériences démontrent qu'un prisme décompose la lumière blanche en un spectre de couleurs et qu'un second prisme reconstitue le spectre multicolore en lumière blanche. Par conséquent, la couleur est dans la lumière et non dans les objets. Autrement dit, il n'y a pas de couleurs sans lumière.

Au fil des siècles, d'autres physiciens se sont penchés sur la théorie de la lumière et des couleurs. En 1801, Thomas Young s'aperçoit qu'il n'est pas nécessaire de réutiliser l'ensemble du spectre de couleurs pour reconstituer la lumière blanche, mais que trois d'entre elles suffisent : le rouge, le vert et le bleu. Par la suite, il émet l'hypothèse que la perception des couleurs peut être expliquée par la présence sur la rétine de trois types de récepteurs qui réagissent respectivement au rouge, au vert et au bleu ; ces capteurs étant capables de faire la synthèse de toutes les autres couleurs. C'est près de 50 ans plus tard, qu'Hermann von Helmholtz redécouvre et développe cette théorie.

Aujourd'hui, nous savons que la rétine est composée de trois types de récepteurs, les cônes « rouge », « vert » et « bleu », respectivement sensibles aux couleurs rouge, verte et bleue, ou plus précisément aux longueurs d'ondes correspondant à ces couleurs. Ces cônes, au nombre de 6 à 7 millions, sont capables de percevoir des détails très fins. La rétine intègre également 100 à 200 millions de bâtonnets beaucoup plus sensibles à la luminosité que les cônes mais qui ont la particularité d'être insensibles aux couleurs. Ce sont donc ces bâtonnets qui sont excités en cas de très faible lumière, ou la nuit tout simplement. Dans ce cas, seul l'aspect des objets est perçu, cette fois en niveaux de gris et non plus en couleurs.



FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

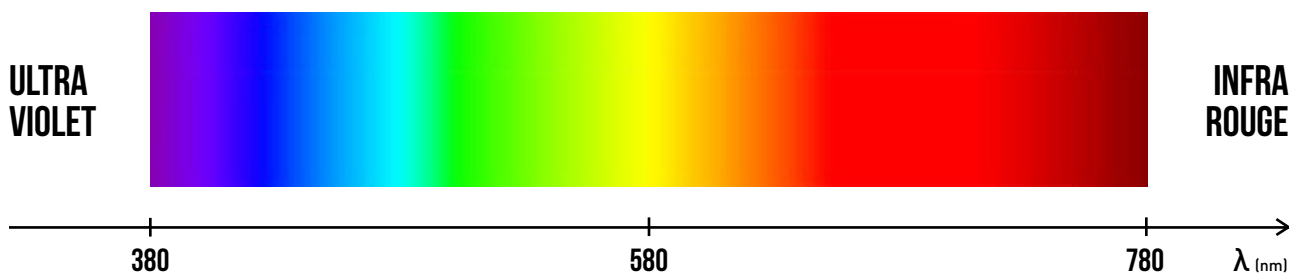
CODAGE DE LA COULEUR

LUMIERE & COULEURS

GÉNÉRALITÉS

La lumière est l'ensemble des ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain. Ces ondes se propagent rectilignement dans le vide avec une célérité d'environ 300 000 000 mètres par seconde. Elles sont caractérisées par leurs longueurs d'ondes, comprises entre 380 et 780 nanomètres. Chacune de ces longueurs d'ondes correspond à une couleur, et l'ensemble forme le spectre des couleurs visibles.

Spectre des couleurs visibles



À titre d'exemples, la lumière d'un LASER rouge correspond à l'émission d'une seule onde dont la longueur d'onde est d'environ 700nm, c'est une lumière monochromatique. La lumière blanche quant à elle, est composée d'un ensemble d'ondes, c'est une lumière polychromatique.

Alors comment un objet peut-il être rouge par exemple ?

Les objets absorbent et réfléchissent de la lumière. Dans le cas d'un objet rouge, celui-ci absorbe toutes les ondes lumineuses sauf une qu'il réfléchit, celle ayant une longueur d'onde correspondant à la couleur rouge (700nm env.).

C'est pourquoi en été, porter un t-shirt noir tient chaud : celui-ci absorbe la totalité des ondes lumineuses, tandis qu'un t-shirt blanc les réfléchit.

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

MODÈLE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE

En plus de sa vitesse et de sa longueur d'onde, une onde est caractérisée par sa fréquence et sa période. On caractérise notamment la longueur d'onde par la relation suivante :

$$\lambda = c \times T \text{ avec } T = 1 / f$$

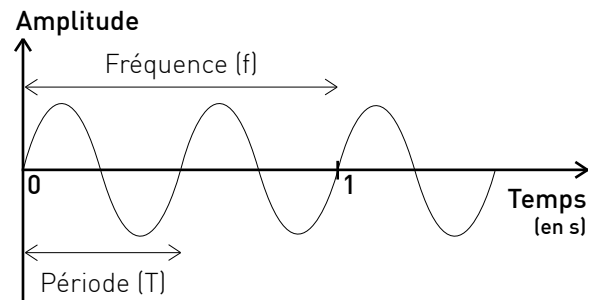
où

λ : longueur d'onde (en nm)

c : célérité de l'onde (en m)

T : période de l'onde (en s)

F : fréquence de l'onde (en Hz)



Exemple

Calcul de la fréquence (f) correspondant à la couleur jaune.

Soit $\lambda = 580 \text{ nm}$ ou $580 \cdot 10^{-9} \text{ m}$
et $c = 300 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

D'où $f = 300 \cdot 10^6 \times (1/580 \cdot 10^{-9})$
 $f = 300 \cdot 10^6 / 580 \cdot 10^{-9}$
 $f = (300 / 580) \times 10^{15}$
 $f = 0,517 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

Donc $f = 517 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ (= 517 THz)

Couleurs et longueurs d'ondes

Couleur	Longueur d'onde
Rouge	~ 620-780 nm
Orange	~ 585-625 nm
Jaune	~ 560-590 nm
Vert-Jaune	~ 550-575 nm
Vert	~ 497-560 nm
Vert-Bleu	~ 492-530 nm
Cyan	~ 487-492 nm
Bleu Azur	~ 465-487 nm
Bleu	~ 435-465 nm
Violet	~ 380-440 nm

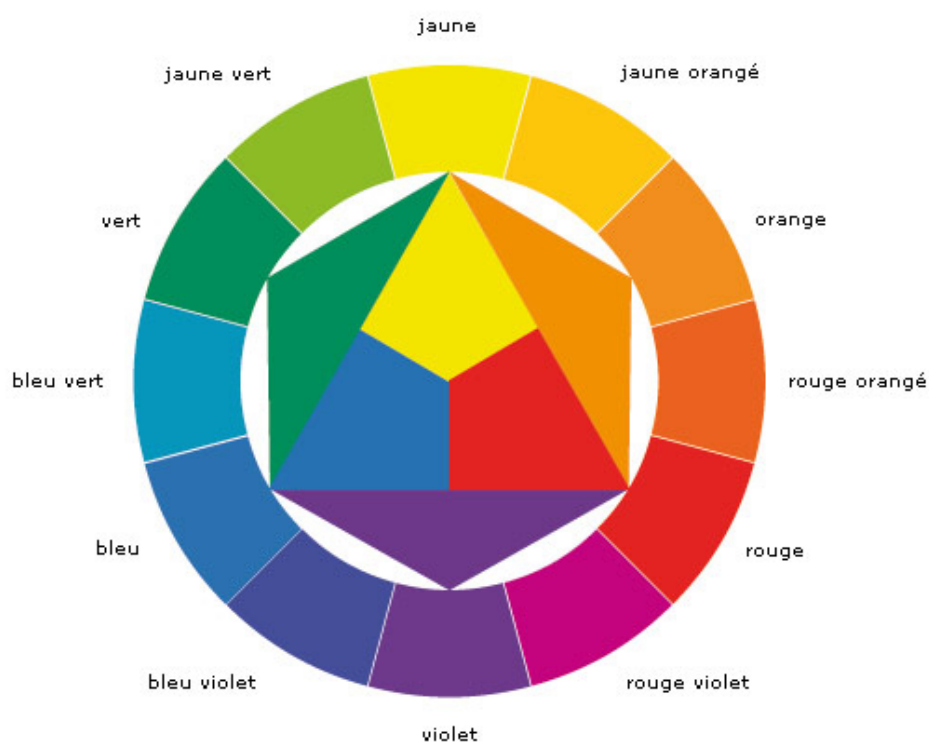
FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

SYNTHÈSE ADDITIVE / SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE

Synthèse

Avant de comprendre ce qu'est la synthèse additive ou la synthèse soustractive, il est nécessaire de comprendre le principe de la synthèse. Une synthèse est un mélange de couleurs primaires en proportions adéquates. On choisit en général trois couleurs de façon à ce que l'on ne puisse pas obtenir l'une d'entre elles en mélangeant les deux autres. Toutefois, en mélangeant deux couleurs primaires en proportions égales, on obtient une couleur secondaire qui est la couleur complémentaire à la couleur primaire non utilisée. On peut également obtenir des couleurs tertiaires, en mélangeant une couleur secondaire avec une couleur primaire.



Cercle Chromatique de Johannes Itten



couleurs primaires



couleurs secondaires



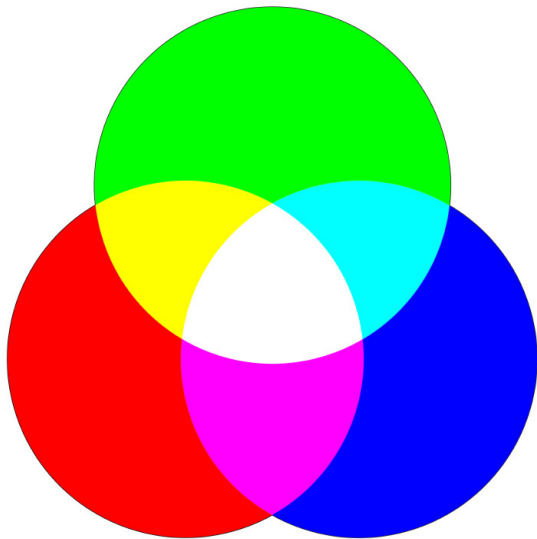
couleurs tertiaires

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

Synthèse Additive

La synthèse additive s'applique lorsqu'il y a émission de lumière, c'est le cas pour les moniteurs notamment. En effet, la synthèse additive implique une addition de lumière : si le rouge, le vert et le bleu sont ajoutés en proportions égales, le résultat obtenu est le blanc.



L'expérience peut se vérifier en faisant, dans une pièce non éclairée, la projection de 3 faisceaux lumineux, un rouge, un vert et un bleu, dans une disposition similaire à celle ci-dessus.

À noter ici que le cyan, le magenta et le jaune sont les couleurs secondaires.

Synthèse Soustractive

La synthèse soustractive s'applique sur les supports physiques, dans l'imprimerie principalement. Cette fois, l'ajout de trois couleurs primaires en proportion égale comme le cyan, le magenta et le jaune donne une couleur avoisinant le noir.



On peut faire cette expérience en prenant une feuille de papier. Dans ce cas, l'ajout de couleurs entraîne la soustraction d'une quantité de luminosité au papier.

Ici, les couleurs secondaires sont le rouge, le vert et le bleu.



FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

COLORIMÉTRIE

LUMINANCE / LUMINOSITÉ

La luminance et la luminosité sont souvent confondues. Cependant il existe bel et bien une différence. La luminance est une grandeur photométrique qui exprime l'intensité lumineuse par unité de surface. Elle s'exprime en candela par mètre carré (cd/m²). La luminosité elle, est l'impression subjective qui résulte de la luminance.

On peut noter la luminosité selon la relation suivante :

$$Y(R, V, B)^1 = \alpha R + \beta V + \gamma B \text{ avec } \alpha + \beta + \gamma = 1$$

Afin de connaître les coefficients, il est nécessaire de comprendre que l'œil a une sensibilité différente à la perception des couleurs. En effet, à quantité égale de lumière, la sensibilité de l'œil pour le vert est de 1, de 0,5 pour le rouge et de 0,2 pour le bleu. Il est à présent possible de déterminer la relation exacte correspondant à la luminosité.

$$\alpha = 0,5 / (1 + 0,5 + 0,2) = 0,30$$

$$\beta = 1,0 / (1 + 0,5 + 0,2) = 0,59$$

$$\gamma = 0,2 / (1 + 0,5 + 0,2) = 0,11$$

On obtient donc la relation suivante :

$$Y(R, V, B)^1 = 0,30 R + 0,59 V + 0,11 B$$

La luminosité n'est donc pas l'équivalent de la luminance. Elle dépend de la luminance et de la sensibilité de l'œil qui peut être différente d'un individu à l'autre. On peut également parler de brillance, clarté ou d'éclat.

1. Y désigne la luminosité

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

TEINTE, OU TON

La teinte, également appelé le ton, est tout simplement la forme pure d'une couleur à proprement parlé. D'un point de vu physique, il s'agit de la longueur d'onde dominante réfléchié par un objet de couleur. Les différentes teintes sont représentées à l'aide d'un cercle chromatique.



Le cercle chromatique présente de nombreux intérêts comme :

- Les couleurs primaires situées à 120° les unes des autres.
- les couleurs secondaires situées elles aussi à 120° les unes des autres et alternées avec les couleurs primaires.
- la complémentaire d'une couleur directement opposée sur le cercle.

SATURATION

La saturation désigne la pureté de la teinte. Autrement dit, c'est l'intensité d'une teinte spécifique. Une teinte très saturée donne une couleur très vive et intense. Au contraire, une teinte moins saturée parait plus terne. Une teinte n'ayant aucune saturation donne logiquement un niveau de gris.



Ci-dessus l'exemple d'un rouge pur. En d'autres termes, sa saturation est maximale, c'est pourquoi l'augmenter ne servira rien. Cependant nous pouvons le désaturer. On se rend compte qu'en désaturant (-50), le rouge devient moins vif, jusqu'à en devenir gris lorsque la saturation est de -100.



FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

MODÈLES COLORIMÉTRIQUES

Après avoir vu ce qu'était une synthèse, ainsi que les principales caractéristiques de la couleur, on s'aperçoit qu'il peut exister une infinité de teintes, surtout une fois associés à un degré de luminosité et/ou de saturation. Pas évident de ranger toutes ces couleurs ! C'est pourquoi plusieurs modèles colorimétriques ont été établis. Commençons par les deux plus connus :

RVB

Le modèle RVB est sans doute le plus connu puisqu'il est utilisé pour afficher les couleurs sur les moniteurs ou les écrans de télévision. Ce modèle repose sur la synthèse additive -expliquée précédemment- de trois couleurs primaires : le Rouge, le Vert et le Bleu.

Prenons l'exemple où chacune des composantes est codée sur 8 bits. Cela signifie que chacune d'elle dispose de 256 niveaux d'intensité (2^8), de 0 à 255. Ainsi, en combinant les trois composantes avec tous leurs niveaux d'intensité, on obtient :
 $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 16\,777\,216$.

Le modèle RVB peut donc représenter jusqu'à 16 777 216 couleurs. Grandement suffisant quand on sait que l'œil est capable de ne distinguer que 350 000 couleurs ! Aussi, une image en mode 16 millions de couleurs est surnommée « True Color ».

CMJ - CMJN

Le modèle CMJ est utilisé dans le domaine de l'imprimerie principalement. Il est basé sur la synthèse soustractive (expliquée précédemment). Les trois couleurs qui interviennent dans la synthèse sont le Cyan, le Magenta et le Jaune.

Comme pour le modèle RVB, on obtient chaque couleur en modifiant les proportions des trois couleurs primaires. Sauf qu'à l'inverse du modèle RVB cette fois, les trois couleurs primaires dans une quantité maximale ne donne pas du blanc mais une couleur avoisinant le noir.

Si la synthèse des trois couleurs primaires en quantité maximale ne donne pas du noir pur c'est dû aux impuretés présentes dans l'encre. Il est donc nécessaire de remplacer une quantité des trois primaires par du noir, c'est de là que vient le CMJN.

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

Cependant, les modèles RVB et CMJN n'ont pas été définis au hasard. Dans les années 1920, la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) effectue des expériences sur la couleur et normalise des espaces colorimétriques permettant de caractériser la perception des couleurs.

CIE XYZ ET CIE Yxy

En 1931, la CIE met en place le système colorimétrique universel XYZ. C'est en quelque sorte le modèle de référence puisque la plupart des modèles utilisés aujourd'hui sont issus de celui-ci.

Ce modèle définit un espace colorimétrique dans lequel sont représentées toutes les couleurs du spectre visible. Ces couleurs sont obtenues par un mélange en proportion de trois couleurs primaires X, Y et Z (Rouge, Vert, Bleu). Ce modèle utilise la luminance, qui est une grandeur linéaire, or la perception humaine est non-linéaire.

De ce système colorimétrique en découle le modèle CIE Yxy. Ce modèle permet notamment de calculer la température d'une couleur.

(Plus de détails dans la partie « Application en AS3 », TP4)

CIE L*a*b*

Le modèle CIE L*a*b*, instauré en 1976, est une alternative au modèle CIE XYZ de 1931. Ce modèle définit lui aussi un espace colorimétrique capable de représenter toutes les couleurs du spectre visible. Cependant, conscient que la couleur n'est pas un mécanisme linéaire, la CIE intègre la luminosité -grandeur non-linéaire- ce qui permet de se rapprocher de la vision humaine.

Ce modèle colorimétrique est constitué de 3 composantes :

- L* : Luminosité, ou clarté, allant de 0 (noir) à 100 (blanc)
- a* : gamme de 200 niveaux du vert au rouge (graduée de -100 à 100)
- b* : gamme de 200 niveaux du bleu au jaune (graduée de -100 à 100)

Ce modèle est donc plus simple et surtout plus uniforme que le modèle CIE XYZ.

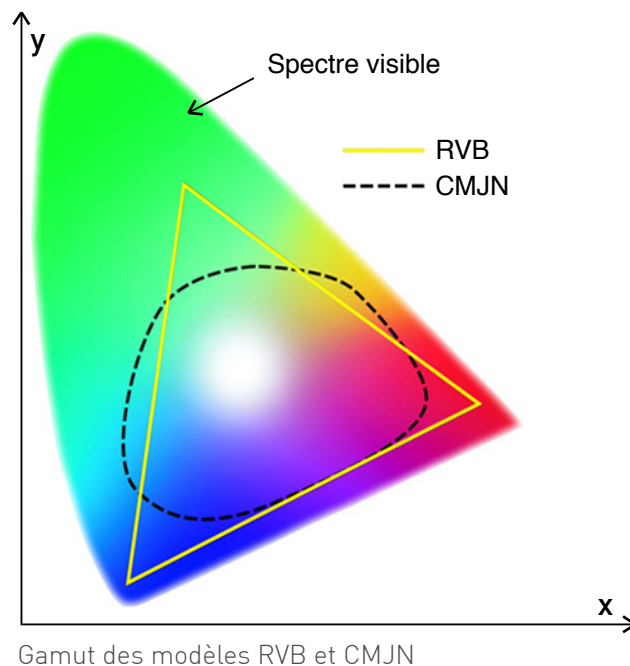
(Plus de détails dans la partie « Application en AS3 », TP4)

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

GAMUT

Ces différents modèles peuvent donc représenter plus ou moins de couleurs. Par conséquent, un écran d'ordinateur ou une imprimante ne peut pas reproduire toutes les couleurs du spectre visible. On peut donc définir un gamut, qui représente l'ensemble des couleurs que peut représenter tel ou tel modèle par rapport à l'ensemble des couleurs du spectre visible par l'œil.



On s'aperçoit notamment que, même si le modèle RVB permet de représenter plus de couleurs que le modèle CMJN, le modèle CMJN peut représenter des couleurs que le modèle RVB ne peut pas reproduire.

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

APPLICATION EN AS3

TP 1 - SYNTHÈSE ADDITIVE / SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE

Dans un premier temps, ce TP consiste à modifier les composantes RVB d'une couleur à l'aide de sliders. Les sliders ont des valeurs comprises entre 0 et 255. 256 valeurs possibles car une couleur est codée en binaire sur 8 bits. Soit $2^8 = 256$.

```
// Ecouteurs d'événements sur les sliders R, V et B
slide_rouge.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
slide_vert.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
slide_bleu.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);

// Récupération des valeurs de chaque slider
CouleurRouge = slide_rouge.value;
CouleurVert = slide_vert.value;
CouleurBleu = slide_bleu.value;
```

Il est ensuite possible de retourner la valeur hexadécimale d'une couleur. Le point important est de comprendre que chaque composante est codée sur 8 bits. Par conséquent, il est nécessaire de décaler le rouge de 16 bits et le vert de 8 bits afin de pouvoir additionner les 3 composantes.

```
// Décalage des valeurs pour addition
CouleurRouge = CouleurRouge<<16;
CouleurVert = CouleurVert<<8;
CouleurBleu = CouleurBleu;

// Addition et affichage de la somme en hexadécimal
CouleurFinale = CouleurRouge+CouleurVert+CouleurBleu;
```

Dans ce TP, il est également possible de déterminer les valeurs CMJ d'une couleur. On sait que le mode RVB est basé sur la synthèse additive, et qu'au contraire le CMJ utilise la synthèse soustractive.

```
// Conversion des valeurs RVB en CMJN (en %)
CouleurCyan = 100*(1-(slide_rouge.value/255));
CouleurMagenta = 100*(1-(slide_vert.value/255));
CouleurJaune = 100*(1-(slide_bleu.value/255));
```

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

TP 2 - TRANSFORMATIONS COLORIMÉTRIQUES

Ce deuxième TP consiste à charger une image en AS3, ainsi qu'à la modifier en utilisant des filtres colorés simples, contrôlés par des sliders.

```
// Ecouteurs d'événements sur les sliders Multipliers
SlideMulti_Rouge.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
SlideMulti_Vert.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
SlideMulti_Bleu.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);

// Ecouteurs d'événements sur les sliders Offsets
SlideDecal_Rouge.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
SlideDecal_Vert.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
SlideDecal_Bleu.addEventListener(SliderEvent.CHANGE, ChangerCouleur);
```

Les filtres sont construits à l'aide de la classe ColorTransform.

```
// Initialisation de la variable ChangerCouleur. Elle utilisera ColorTransform
var ChangerCouleur:ColorTransform = new ColorTransform();
```

Le première transformation envisagée est la multiplication de chacune des composantes RVB. C'est à dire, intensifier le rouge, le vert et/ou le bleu.¹

```
// Attribution des paramètres à appliquer pour les Multipliers
ChangerCouleur.redMultiplier = SlideMulti_Rouge.value;
ChangerCouleur.greenMultiplier = SlideMulti_Vert.value;
ChangerCouleur.blueMultiplier = SlideMulti_Bleu.value;
```

La seconde transformation consiste à décaler chacune des composante RVB entre sa couleur et sa complémentaire.²

```
// Attribution des paramètres à appliquer pour les Offsets
ChangerCouleur.redOffset = SlideDecal_Rouge.value;
ChangerCouleur.greenOffset = SlideDecal_Vert.value;
ChangerCouleur.blueOffset = SlideDecal_Bleu.value;
```

Il est ensuite possible d'appliquer ces transformations à l'image, toujours en utilisant la classe ColorTransform.

```
// Application des différents paramètres sur l'image
imgTheme.transform.colorTransform = ChangerCouleur;
```

1. Principe de la saturation
2. Principe proche de la teinte

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

TP 3 - MATRICES & TRANSFORMATIONS COLORIMÉTRIQUES

Ce troisième TP consiste de nouveau à faire des transformations colorimétriques, mais cette fois en passant par des matrices. Certaines transformations sont préconfigurées, et sont appliquées à l'image en cliquant sur le bouton correspondant.

```
// Ecouteurs d'événements sur les différents boutons
boutonNoirBlanc.addEventListener(MouseEvent.CLICK, CouleurNoirBlanc);
boutonCouleursInv.addEventListener(MouseEvent.CLICK, CouleursInverses);
boutonAppliquer.addEventListener(MouseEvent.CLICK, ChangerCouleur);
boutonReset.addEventListener(MouseEvent.CLICK, ResetCouleur);
```

Chaque transformation peut être représentée selon une matrice 4x5 dont la matrice identité est la suivante :

	R	V	B	A	Offset
R	1	0	0	0	0
V	0	1	0	0	0
B	0	0	1	0	0
A	0	0	0	1	0

En AS3, on définit la matrice comme étant un tableau de valeurs.

```
// Initialisation d'un tableau pour stocker les valeurs de la matrices
var matrixChange:Array = new Array();
```

Il est possible de transformer l'image en modifiant la matrice sur l'interface. Afin de pouvoir appliquer la transformation, il est nécessaire d'en récupérer les valeurs.

```
// Récupération des valeurs saisies dans la matrice de l'interface
matrixChange = matrixChange.concat([parseFloat(input11.text), parse-
Float(input12.text), parseFloat(input13.text), parseFloat(input14.text), parse-
Float(input15.text)]); // rouge
matrixChange = matrixChange.concat([parseFloat(input21.text), parse-
Float(input22.text), parseFloat(input23.text), parseFloat(input24.text), parse-
Float(input25.text)]); // vert
matrixChange = matrixChange.concat([parseFloat(input31.text), parse-
Float(input32.text), parseFloat(input33.text), parseFloat(input34.text), parse-
Float(input35.text)]); // bleu
matrixChange = matrixChange.concat([parseFloat(input41.text), parse-
Float(input42.text), parseFloat(input43.text), parseFloat(input44.text), parse-
Float(input45.text)]); // alpha
```

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

Il est également possible de transformer l'image à partir de transformations préconfigurées. La première transformation prédéfinie est la transformation en Noir et Blanc.

Dans le cours, nous avons pu voir que la luminosité était déterminée par la relation : $Y(R,V,B) = 0,30R + 0,59V + 0,11B$. Toujours par soucis de perception, dans Flash, ces valeurs sont un peu modifiées afin d'obtenir une relation telle que $Y(R,V,B) = 0,3086R + 0,6094V + 0,0820B$.

On peut donc prédéfinir une matrice permettant de transformer l'image en niveau de gris :

	R	V	B	A	Offset
R	0.3086	0.6094	0.0820	0	0
V	0.3086	0.6094	0.0820	0	0
B	0.3086	0.6094	0.0820	0	0
A	0	0	0	1	0

Pour ce faire, nous allons forcer les inputs à se remplir avec les valeurs nécessaires.

```
// Valeurs nécessaires à la matrice pour une transformation noir et blanc
```

```
input11.text = "0.3086";      input31.text = "0.3086";
input12.text = "0.6094";      input32.text = "0.6094";
input13.text = "0.0820";      input33.text = "0.0820";
input14.text = "0";           input34.text = "0";
input15.text = "0";           input35.text = "0";
```

```
input21.text = "0.3086";      input41.text = "0";
input22.text = "0.6094";      input42.text = "0";
input23.text = "0.0820";      input43.text = "0";
input24.text = "0";           input44.text = "1";
input25.text = "0";           input45.text = "0";
```


FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

La seconde transformation prédéfinie est l'inversion des couleurs ce qui correspond à un effet « négatif ». Pour réaliser cette transformations, il faut comprendre comment inverser les couleurs. Prenons un exemple : nous devons faire en sorte que chaque pixel rouge ayant une valeur à 255 se retrouve avec une valeur à 0 et faire de même pour les deux autres composantes.

En partant de la matrice identité, on peut donc définir la matrice de transformation suivante :

	R	V	B	A	Offset
R	-1	0	0	0	255
V	0	-1	0	0	255
B	0	0	-1	0	255
A	0	0	0	1	0

Comme pour la transformation en noir et blanc, on force les inputs à se remplir avec les valeurs nécessaire à transformer l'image en négatif.

```
// Valeurs nécessaires à la matrice pour une transformation couleurs inverses
input11.text = "-1";
input12.text = "0";
input13.text = "0";
input14.text = "0";
input15.text = "255";

input21.text = "0";
input22.text = "-1";
input23.text = "0";
input24.text = "0";
input25.text = "255";

input31.text = "0";
input32.text = "0";
input33.text = "-1";
input34.text = "0";
input35.text = "255";

input41.text = "0";
input42.text = "0";
input43.text = "0";
input44.text = "1";
input45.text = "0";
```

Pour finir, les transformations sont appliquées à l'aide de la classe ColorMatrixFilter et de sa propriété « filters ».

```
// Initialisation d'un filtre dont les paramètres sont les valeurs récupérées
var filterChange:ColorMatrixFilter = new ColorMatrixFilter(matrixChange);
// Application du filtre sur le conteneur (l'image)
conteneurImg.filters = [filterChange];
```

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

TP 4 - MODÈLES COLORIMÉTRIQUES

Le sujet de ce TP4 est le modèle colorimétrique CIE $L^*a^*b^*$, et plus particulièrement la conversion RVB vers $L^*a^*b^*$. Afin d'obtenir les valeurs $L^*a^*b^*$, il est nécessaire de passer par l'intermédiaire des valeurs XYZ.

On peut obtenir les valeurs X, Y et Z d'après les relations suivantes :

$$X = 0.431xR + 0.342xV + 0.178xB$$

$$Y = 0.222xR + 0.707xV + 0.071xB$$

$$Z = 0.020xR + 0.130xV + 0.939xB$$

Soit en AS3 :

```
// Conversion des valeurs RVB en XYZ
```

```
ValeurX_G = (0.431*slideG_rouge.value)+(0.342*slideG_vert.value)+(0.178*slideG_bleu.value);
```

```
ValeurY_G = (0.222*slideG_rouge.value)+(0.707*slideG_vert.value)+(0.071*slideG_bleu.value);
```

```
ValeurZ_G = (0.020*slideG_rouge.value)+(0.130*slideG_vert.value)+(0.939*slideG_bleu.value);
```

Avant de pouvoir passer à la conversion, il est nécessaire de choisir un blanc de référence pour chaque composante X, Y et Z. On les notera X_n , Y_n et Z_n . Le blanc de référence choisi pour ce TP est le blanc du jour D65, avec :

$$X_n = 95,047$$

$$Y_n = 100$$

$$Z_n = 108,883$$

Suite à cela, il est possible de convertir les valeurs RVB en $L^*a^*b^*$ d'après les relations suivantes :

Pour $(Y/Y_n) < 0,008856$

$$L^* = 903 \cdot (Y/Y_n)$$

$$a^* = 500 \cdot [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 \cdot [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

Pour $(Y/Y_n) > 0,008856$

$$L^* = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 \cdot [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 \cdot [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

Soit en AS3 :

```
// Conversion des valeurs XYZ en LAB
if (ValeurY_G/Yn <= 0.008856) {
    ValeurLuma_G = 903.3*(ValeurX_G/Xn);
    ValeurA_G = 500*(Math.pow(ValeurX_G/Xn,1/3)-Math.pow(ValeurY_G/Yn,1/3));
    ValeurB_G = 200*(Math.pow(ValeurY_G/Yn,1/3)-Math.pow(ValeurZ_G/Zn,1/3));
}
else {
    ValeurLuma_G = 116*(Math.pow(ValeurY_G/Yn,1/3))-16;
    ValeurA_G = 500*(Math.pow(ValeurX_G/Xn,1/3)-Math.pow(ValeurY_G/Yn,1/3));
    ValeurB_G = 200*(Math.pow(ValeurY_G/Yn,1/3)-Math.pow(ValeurZ_G/Zn,1/3));
}
```

Après avoir convertie les valeurs RVB en L*a*b*, il est possible de calculer l'écart entre deux couleurs grâce à la relation suivante :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Soit en AS3 :

```
// Calcul de l'écart
Ecart=Math.sqrt(Math.pow(ValeurLuma_D-ValeurLuma_G,2)+Math.pow(ValeurA_D-ValeurA_G,2)+Math.pow(ValeurB_D-ValeurB_G,2));
```

Nous avons vu dans le cours que le modèle Yxy découlait du modèle XYZ. Ce modèle Yxy permet entre autre de calculer la température de la couleur, définie par la relation suivante :

$$T = 449.n^3 + 3525.n^2 + 6823.3.n + 5520.33$$

avec $n = (x - 0.3320) / (0.1858 - y)$ où $x = X / (X + Y + Z)$ et $y = Y / (X + Y + Z)$

Soit en AS3 :

```
// Calcul de la Température de la couleur
Vx_D = ValeurX_D/(ValeurX_D+ValeurY_D+ValeurZ_D);
Vy_D = ValeurY_D/(ValeurX_D+ValeurY_D+ValeurZ_D);
Vn_D = (Vx_D-0.3320)/(0.1858-Vy_D);
Temp_D = 449*Math.pow(Vn_D,3)+3525*Math.pow(Vn_D,2)+6823.3*Vn_D+5520.33;
```

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

CONCLUSION

Même si aujourd'hui la couleur est quelque chose de physiquement explicable, encore beaucoup de personne pense que la couleur appartient à l'objet et non à la lumière. Quoiqu'il en soit, de nos jours, la couleur est un élément important dans la communication visuelle, que ce soit dans le numérique, le print ou le motion design.

Afin de maîtriser au mieux la couleur, il est nécessaire de comprendre d'où elle vient et comment elle fonctionne. On peut se rendre compte qu'il n'est pas toujours évident de reproduire une couleur précise selon si on est on est sur un écran ou sur du papier. Et ça devient encore plus compliqué lorsqu'on souhaite qu'une couleur à l'écran soit la même une fois imprimée.

C'est pourquoi, réaliser ces TPs et ce compte rendu m'a permis de clarifier les choses au niveau des couleurs. J'ai notamment pu me rendre compte de ce qu'il se cache derrière photoshop quand on lui demande de passer d'un espace colorimétrique à un autre.



FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

ANNEXES

GRANDEURS PHOTOMÉTRIQUES

Flux lumineux

Il s'agit de la quantité globale qu'émet une lampe, dans toutes les directions. Elle s'exprime en lumen (lm).

Intensité lumineuse

Il s'agit de l'éclat perçu par l'œil. Elle s'exprime en candela (cd).

L'éclairement

Il s'agit du flux lumineux reçu par unité de surface de l'élément éclairé. Il s'exprime en lux (lx).

Luminance

Il s'agit d'une partie de l'éclairement renvoyée par la surface éclairée. Elle s'exprime en candela par mètre carré (cd/m²).

FONCTIONS AS3

Math.pow(v1,v2)

Permet de faire un calcul de puissance. Ici, $v1^{v2}$.

Math.sqrt()

Calcule et renvoie la racine carrée du nombre spécifié.

Math.round()

Arrondit la valeur spécifiée à l'entier immédiatement supérieur ou inférieur et la renvoie.

Pour éviter de fausser des calculs en AS3, il est très important d'utiliser le point pour spécifier un nombre décimal. La virgule ne sera pas prise en compte.

FONDEMENTS DU MULTIMÉDIA

CODAGE DE LA COULEUR

LEXIQUE

Ondes électromagnétiques

Contrairement à une onde mécanique qui nécessite de la matière pour se déplacer, une onde électromagnétique peut se déplacer dans le vide ou dans l'air.

Célérité

Vitesse, rapidité.

Période

La période est la durée d'un cycle. Autrement dit, il s'agit du temps nécessaire pour effectuer un cycle entier. Elle est exprimée en seconde (s).

Fréquence

La fréquence est le nombre de cycle effectué en une seconde. Elle est l'inverse de la période : $f=1/T$. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

Longueur d'onde

La longueur d'onde correspond à la distance parcourue par l'onde en une période. Elle s'exprime en nanomètre (nm).

Ultraviolet (UV)

Il s'agit d'ondes électromagnétiques de longueurs d'ondes plus courtes que celles de la lumière visible. Ces rayonnements sont la cause du bronzage notamment.

Infrarouge

Le rayonnement infrarouge est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible. Il est associé à la chaleur notamment.